

HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DIE STRUKTURVERÄNDERUNGEN DES
ALVEOLARKNOCHENS BEIM ZAHNDURCHBRUCH

von

ECKHARD LENZEN

Mainz 1964

Aus dem Anatomischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Direktor: Prof.Dr.med. et phil.nat. A.Dabelow

HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DIE STRUKTURVERÄNDERUNGEN DES
ALVEOLARKNOCHENS BEIM ZAHNDURCHBRUCH

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

ECKHARD LENZEN

aus Moers am Rhein

MAINZ 1963



Dekan: Professor Dr.Dr. K. Wagner
Referent: Professor Dr. J. Rohen
Korreferent: Professor Dr.Dr. A. Dabelow
Tag der mündl.Prüfung: 25. Februar 1964

Gesamtherstellung: Ditters Bürodienst Mainz



MEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
A. Einleitung	1
B. Material und Technik	6
C. Befunde	7
D. Diskussion	12
E. Zusammenfassung	16
F. Abbildungen	17
G. Literaturverzeichnis	27

A. EINLEITUNG

Die große Zahl verschiedener, z.T. widersprechender Theorien über den Mechanismus des Zahndurchbruchs und über die Gewebekorrelationen, die zur Gebißbildung führen, zeigen deutlich, wie weit wir von einer endgültigen Klärung dieser Probleme entfernt sind. Die hier vorliegende Problematik kann vielleicht am besten dadurch dargestellt werden, daß die verschiedenen Zahndurchbruchstheorien nacheinander kurz diskutiert werden.

1. Wurzeltheorie

Die Vertreter der Wurzeltheorie sehen in der apikalen Massenzunahme der Wurzel den wichtigsten Faktor für den Zahndurchbruch (CALEMBRUNE-MERCURE). "Wenn die Zahnkrone ausgebildet und mit Schmelz bedeckt ist, und nun die Wurzel durch ihre allmähliche Verlängerung den Boden der Alveole erreicht, wo sie Widerstand findet, so wird der Zahn durch sein eigenes Wachstum notwendigerweise gegen das Zahnfleisch nach oben gedrängt."

Dieses Herausgedrücktwerden setzt aber voraus, daß die wachsende Wurzel am Boden der Alveole einen festen Widerstand findet. Würde nämlich der Alveolenboden kein solches Widerlager bilden, resultierte trotz wachsender Wurzel keine Occlusalwanderung des Zahnes. Die Hauptfrage besteht also darin, ob der Zahn aus der Tiefe gegen die Oberfläche etwa durch Knochenapposition am Boden der Alveole verschoben oder aber umgekehrt von der Oberfläche in die Tiefe verlagert wird, wobei dann ein dauernder Abbau am Alveolenrand erwartet werden muß.

Ein Anbau von Knochen am Alveolenboden wurde von vielen Autoren tatsächlich beobachtet (BAUME, WALKHOFF, KALLHARDT, EICHLER, OPPENHEIM, OEHRLEIN, LANDSBERGER, GROSS und HINRICHSSEN). Auch nach HUNTER, W. MEYER, ORBAN, SICHER und TANDLER besteht am Alveolenboden eine "feste Basis". Bei der Verschiebung des Zahnes zur Occlusionsebene hin muß sich dann aber auch eine Verschiebung der Lageverhältnisse zur benachbarten Alveolenwand und damit eine Verlagerung der Periodontalfasern, die am Alveolarknochen inserieren, nach der Occlusionsebene zu ergeben. Tatsächlich verlaufen die Periodontalfasern bei durchbrechenden Zähnen in parallelen Bündeln schräg nach aufwärts (GOTTLIEB, ORBAN und W. MEYER). LEHNER und PLENK sehen auch in dem ganz eigenartigen schichtenförmigen Bau des Zements einen Beweis für solche Umbauvorgänge, die sich infolge einer wirklich stattfindenden Bewegung des Zahnes gegenüber der Alveole abspielen.

Im Gegensatz dazu vertritt LANDSBERGER allerdings die Ansicht, daß eine Bewegung zwischen Zahn und Alveole nicht stattfindet, sondern daß beide eine Einheit darstellen, das als ein "organum dentale" bezeichnet werden müßte. Zahn und Alveolarfortsatz sollen einen starren festen Körper bilden; das Emporrücken des Zahnes während seiner Entwicklung sei nur vorgetäuscht. Auch SCHWARZ sieht in dem Emporrücken des Zahnes aus seiner Alveole ein Symptom eines allgemeinen Wachstumsvorganges, der sich zu dieser Zeit im Kiefer abspielt und betrachtet somit den Zahndurchbruch nur als Teilgeschehen eines allgemeinen Kieferwachstums.

2. Pulpatheorie

Nach der Pulpatheorie erfolgt der Zahndurchbruch vor allem durch die Expansionskraft der wachsenden Zahnpulpa nach dem Rückstoßprinzip.

Am eindeutigsten entscheidet sich JASSWOIN aufgrund morphologischer Studien für diese Theorie. Die Papille des Zahnkeimes besteht in frühen Stadien aus Mesenchym. Die Differenzierung der mesenchymalen Elemente beginnt an der Papillenspitze. JASSWOIN meint, daß dieser Differenzierungsprozeß des Papillengewebes einen intrapapillären Druck hervorruft, so daß der Zahn nach außen hin vorrückt.

Derselben Meinung ist KALLHARDT, der in dem proliferierenden Pulpawulst die treibende Kraft, die den Zahn zum Durchbruch nach der Stelle des geringsten Widerstandes drängt, sieht. KORFF lokalisiert die hebende Kraft innerhalb der Pulpa in das Bindegewebe des unteren Pulpaabschnittes.

Gewissermaßen zwischen Wurzel- und Pulpatheorie steht E.A.HESSE, der von der doppelten Wirkung der von der Pulpa ausgehenden Druckwirkung spricht. "Der intermittierende, oscillierende Wachstumsdruck bewirkt am Boden der Alveole Anlagerung von neuen Knochenlamellen, wodurch der Zahnkeim gegen die Kieferoberfläche gedrückt wird. Dieser selbe Druck wirkt an der Kronenoberfläche durch die Keilflächen der Höcker als scherende Schubspannung, die hier Resorptionen auslöst."

Eine nach LEHNER und PLENK etwas "phantastische" Theorie hat CAME aufgestellt, der glaubt, daß für das Emporrücken des Zahnes der Rückstoß des aus den Pulpavenen ausströmenden Blutes verantwortlich zu machen sei. Aufgrund seiner histologischen Befunde sagt KÖHLER, daß ein Wachstumsdruck der Keimanlage nicht zu einem Druckanstieg innerhalb der Alveole führen kann, da die knöcherne Hülle der Milchzahnkeime zu keiner Zeit eine Höhle mit

abgeschlossener fester Wandung sei. Gegen die Oberfläche hin sind die Krypten der Milchzähne stets mit Weichgewebe bedeckt. Deshalb seien Druckwirkungen von nennenswerter Größe im Inneren der Knochenkrypta fraglich. Auch eine Auswirkung der Gefäßpulsationen auf das Wachstum der Keime und den Durchbruch sei unwahrscheinlich, da seine histologischen Messungen maximale Gefäßdurchmesser von $180,25 \mu$ ergeben hätten, und keine auch nur schwach pulsierenden Blutströme zu beobachten gewesen seien.

LANDSBERGER glaubt ebenfalls nicht, daß ein derartig verursachter Papillendruck die Erklärung des Emporrückens vom Zahnkeim sein könne, da auch der fertig durchgebrochene Zahn, dessen Wurzelkanal weitgehend geschlossen ist, zum Beispiel bei fehlenden Antagonisten in occlusaler Richtung vorwachsen könne.

Während die bisher aufgezählten Theorien die Kräfte für den Zahndurchbruch in den Geweben des Zahnes selbst suchen, also für dessen aktive Beteiligung bei der Gebißbildung sprechen, versuchen andere Autoren, die ursächlichen Kräfte im Alveolengewebe selbst zu sehen. Der Zahn bleibt dabei passiv.

3. Alveolartheorie

Diese Theorie besagt nach KÖHLER, daß der Zahn durch einen von der Alveole ausgeübten Druck occlusal gedrängt wird. Dabei ist es zunächst gleichgültig, an welchem Ort des Alveolengewebes sich solche Wachstumsprozesse abspielen, wichtig ist nur, daß dem Alveolengewebe eine aktive Rolle zugeordnet wird.

In diesem Zusammenhang sei zunächst auf BAUME's Theorie des "wuchernden Markes" eingegangen. Er meint, daß Granulationen, welche aus dem Knochenmark des Kiefers hervorgingen und in die Alveole vorwachsen, verknöcherten und dadurch die Austreibung des Zahnes bewirkten. Während der Zahn durch das wuchernde Mark herausgedrängt werde, wüchsen die Wurzeln in den Knochen hinein. Ursache der Markwucherung sei der Schmelz, der, nachdem die Schmelzschicht ihre volle Dicke erreicht habe und das Schmelzorgan verödet sei, als Fremdkörper wirken müsse. Diese "Granulationstheorie" steht allein da und wurde später von keinem Autor aufgegriffen.

Verschiedene Autoren beobachteten Knochenanbau am Alveolenboden. KALLHARDT stellte fest, daß im Stadium des Zahndurchbruchs die Knochenneubildung am Alveolenboden wesentlich verstärkt sei. Die Knochenbälkchen

ordnen sich in radiärer Richtung zum Wurzelumfang an, so daß sie ein gutes Widerlager abgeben für den durchbrechenden Zahn.

OHRLEIN versucht, den Knochenanbau causal zu verstehen und sieht nicht in dem konstanten, sondern in dem infolge der Blutdruckschwankungen des Zahnkeimes "oscillierenden" Druck jenen Reiz, auf den der Knochen am Boden der Alveole mit Anbau reagiert, da ja konstanter Druck als Abbaureiz wirken müsse. Auch hier muß auf KÖHLERs widersprechende Befunde hingewiesen werden.

Über die Vorgänge am Alveolenrand liegen ebenfalls Angaben vor. LEHNER und PLENK fordern in der Hauptsache einen Anbau, da ja "die Alveole sich beim Herauswachsen des Zahnes nur auf diese Weise vertiefen kann". GROSS vertritt ebenfalls diese Anschauung, denn entsprechend dem Knochenwachstum am Alveolenboden steige der Zahn mit seiner Apikalbasis empor. Hierbei schiebe die vordringende Zahnkrone den Alveolenrand vor sich her, "wie der Kahn den Schlamm mit sich zieht". Die Ränder wachsen zwar in die Länge, halten aber mit dem Vordringen des Zahnes nicht Schritt. Zu demselben Ergebnis gelangt KÖHLER.

4. Kontinuierlicher Zahndurchbruch

Diese Theorie wurde von GOTTLIEB entwickelt, dem sich später sein Schüler ORBAN anschloß. Nach GOTTLIEB und ORBAN beginnt der Zahndurchbruch mit dem Erscheinen der Kronenspitze und hört mit der Ausstoßung der Wurzelspitze auf. Es gibt kein markantes Zwischenstadium. Alle Stadien des Durchbruchs sind einander gleichwertig. Sie teilen diesen Vorgang in vier Komponenten ein:

1. die Bewegung des Zahnes gegen die Occlusionsebene,
2. die Loslösung des Epithels von der Zahnoberfläche,
3. die Wucherung des Epithels in die Tiefe entlang des Zements und
4. den Schwund des Alveolarfortsatzes.

Die Bewegung des Zahnes gegen die Occlusionsebene bezeichnen sie als "aktiven Zahndurchbruch" und stellen ihm die unter 2. bis 4. genannten Vorgänge als "passiven Zahndurchbruch" gegenüber.

Diese Theorie gipfelt in der Erkenntnis, daß die Durchbruchsbewegung mit der vollständigen Freilegung der Krone als abgeschlossen betrachtet wird, sondern daß physiologischerweise mit zunehmendem Alter eine Verkürzung der

Alveole durch Abbau an ihren Rändern stattfindet. Somit ist der Zahndurchbruch ein kontinuierlicher Vorgang, dessen natürliches Ende die Zahnausstoßung im Alter ist.

Diese Vorstellung GOTTLIEB's und seiner Schule (ORBAN, KÖHLER, SICHER, KRONFELD und KOTANYI) blieben jedoch nicht unwidersprochen.

GROSS lehnt die von GOTTLIEB vertretene Ansicht als mit den biologischen Tatsachen nicht vereinbar ab, da "bei dem von GOTTLIEB und ORBAN als aktiv und passiv bezeichneten Zahndurchbruch kein Gewebearbeit in der Alveole stattfindet, sondern Schwund des marginalen Knochengewebes".

In neuerer Zeit hat sich HARWARDT mit diesem Problem auseinandergesetzt. Er untersuchte besonders die Frage, ob der kontinuierliche Zahndurchbruch tatsächlich - wie GOTTLIEB behauptet hatte - zu einer fortschreitenden Sperrung des Bisses und so zu einer allmählichen Änderung der Physiognomie führen würde. Die Messung bestimmter Abstände von verschiedenen Hautpunkten bei 1004 Patienten verschiedenen Alters ergab, daß eine "Verlagerung des Gesichtes" nicht stattfindet.

5. Mastikationstheorie

Auch der Kaudruck wurde als Faktor für den Zahndurchbruch diskutiert (sog. Mastikationstheorie). So wird nach ROBIN eine Resorption der vorderen Alveolenwand durch das Wachstum des Zahnsäckchens und die Mastikation bewirkt. OEHRLEIN hält dem entgegen, daß beim Milchzahndurchbruch von einer Wirksamkeit des Kaudruckes nicht die Rede sein könne, da zu der Zeit, in der der Kaudruck wirklich auftreten könne, der Zahn schon zum größten Teil durchgebrochen ist. Auch die Tatsache, daß Zähne an Stellen durchbrechen, die keinem besonderen Kaudruck ausgesetzt sind, lassen Zweifel an dieser Theorie aufkommen. In völliger Unkenntnis der Natur der Umbauvorgänge der Gewebe hat man sogar an eine "Kontraktilität" der Alveole durch den Kaudruck gedacht (ALBRECHT).

Im Gegensatz zu den älteren Theorien hat sich in den letzten Jahren jedoch mehr und mehr eine Auffassung durchgesetzt, die den Zahndurchbruch als einen "komplexen Vorgang" betrachtet, d.h. die in den einzelnen Theorien geschilderten Vorgänge sind nur Teilerscheinungen, die - jede für sich - nur einen bestimmten zeitlichen Abschnitt des Durchbruchs beherrschen.

6. Die derzeitig vorherrschenden Meinungen über die Vorgänge beim Zahndurchbruch

In der Umgebung des durchbrechenden Zahnes spielen sich - räumlich begrenzt - mehrere Wachstumsprozesse ab:

1. das eigentliche Längenwachstum des Zahnes,
2. das Wachstum der Keimpulpa,
3. das Wachstums der Knochenkrypta mit zwei deutlich gesonderten Wachstumszonen
 - a) am Alveolenboden,
 - b) an den freien Alveolarrändern und
4. das Wachstum des Kiefers selbst.

Der Zahndurchbruch kann nur als Resultante dieser vier Wachstumsvorgänge betrachtet werden (GROSS, DEMOLIS, KÖHLER und SCHWARZ). Es bleibt jedoch unklar, in welcher Weise diese verschiedenen Vorgänge ineinandergreifen und wie sie korreliert sind.

Um neue Anhaltspunkte über die gewebemechanischen Vorgänge beim Zahndurchbruch und der Gebißbildung zu erhalten, wurden in der vorliegenden Arbeit die An- und Abbauzonen in zwanzig aufeinanderfolgenden Altersstufen bei Rattenunterkiefen aufgrund der Osteoblasten- und Osteoklastenverteilung bestimmt. Weiterhin wurde versucht, durch histochemische Methoden die neugebildeten von den älteren Knochenabschnitten zu differenzieren, um so ein Bild der Wachstumsveränderungen an den knöchernen Alveolen während der Durchbruchsbewegung der Zähne zu gewinnen.

B. MATERIAL UND METHODIK

Als Versuchstiere wurden Ratten benutzt. Aus insgesamt drei Würfen wurden Tiere folgender Altersstufen entnommen: Neonatus, 1, 2, 3, 4, 7, 9, 11, 12, 14, 18, 20, 22, 25, 28, 29, 30 Tage. Die altersmäßige Abstufung wurde an den von ROZEIK gemachten Angaben über die Durchbruchzeiten der Zähne bei der Ratte orientiert (siehe Tabelle). Nach unseren Erfahrungen muß allerdings eine gewisse Variationsbreite für die einzelnen Durchbruchstage berücksichtigt werden.

Die Ratten wurden mit Chloroform getötet, und es wurde anschließend der Unterkiefer in toto herausgelöst. Dann wurden die Unterkiefer in der Median-

Makroskopische Anatomie des Rattengebisses.

	Zahl der Zähne		Zahl der Höcker/ Zahn und Verteilg	Zahl der Fissuren /Zahn	Zahl der Wurzeln /Zahn	Durchbr. Tage nach Geburt	Be- mer- kungen
	OK	UK					
Nage - zahn	2	2	-	-	1	9 - 10	offene Wurzel, (perm. Wachstum
erster oberer Molar	2	-	5(3 bucc. 2 palat.	2	5	18	nach ab- geschl. Wachstum keine off. Wurzel +)
erster unterer Molar	-	2	5(4 bucc. 2 ling.)	3	4	17	
zweiter oberer Molar	2	-	4(2 bucc. 2 palat)	2	4	22	"
zweiter unterer Molar	-	2	4(2 bucc. 2 ling.)	2	3	21	"
dritter oberer Molar	2	-	3(2 palat 1 bucc.)	2	3	38	"
dritter unterer Molar	-	2	3(2 mes. 1 dist.)	1	3	29	"

+) Mit dem abgeschlossenen wurzelwachstum wird ein foramen apicale gebildet. Keimzentren sind dann in der Tiefe der Alveolen nicht mehr zu finden.



ebene halbiert und je nach Alter der Ratte für 1/2 bis einen Tag in Susa fixiert. Nach dreimaligem Spülen in 90% igem Alkohol wurde mit 5% iger Salpetersäure wiederum je nach Alter der Ratte für mehrere Stunden bis zu einem Tag entkalkt. Für je einen Tag wurden die Kiefer in 5% igem Natriumsulfat und Aqua dest. gespült. Nach Übertragung der Präparate in Alkohol (einen halben Tag), Methylbenzoat (viermal in einem Tag), zweimal Benzol (je fünf Minuten), Benzolparaffin (eine Viertel- bis eine halbe Stunde) wurden sie schließlich in Paraffin eingebettet. Die Paraffinschnitte wurden mit einem Schlittenmikrotom (Firma JUNG) in der Regel als Tangentialschnitte (d.h. mesio-distal orientiert) durchschnittlich 10µ dick in Schnittserien angefertigt und anschließend nach folgendem Schema gefärbt:

- | | |
|-------------|-------------------|
| 1. Schnitt: | AZAN |
| 2. Schnitt: | HE |
| 3. Schnitt: | PAS + Kernfärbung |
| 4. Schnitt: | ALCIAN BLAU |
| 5. Schnitt: | AZAN |
| 6. Schnitt: | HE |
| usw. | |

Die histologischen Schnittserien wurden systematisch auf die Verteilung der Osteoblasten und Osteoklasten hin durchgesehen. Von einigen charakteristischen Durchbruchsstadien wurden Schwarz-Weiß-Zeichnungen angefertigt. Diese wurden als Schemata benutzt, um die Osteoblasten- und Osteoklastenverteilung darin einzutragen. Einige dieser Zeichnungen wurden fotografisch reproduziert und sind der Arbeit beigegeben.

C. BEFUNDE

1. Bei der neugeborenen Ratte ist die Schneidezahnalveole bereits nicht mehr knöchern geschlossen. Etwa über dem apikalen Drittel der Schneidezahnwurzel ist der erste Molar, in sagittaler Richtung etwas zur Medianebene hin verschoben, aufgesetzt. Die Knochenstruktur ist durchweg spongiös mit kleinen Markräumen. Die Knochenbälkchen sind bevorzugt in der Längsrichtung des Schneidezahnes orientiert. Ganz besonders deutlich ist die parallele Anordnung am Alveolengrund dieses Zahnes. Rund um die Mandibula zieht ein dichter Osteoblastenwall, aber auch an den Knochenbälkchen innerhalb des Unterkiefers läßt sich Knochenanbau erkennen. Die Osteoklasten liegen hauptsächlich um die Zahnanlagen herum. Sie kleiden die Mo-

larenalveole wie eine Tapete aus und sind besonders zahlreich an den Knochenbälkchen angesiedelt, die den Alveolengrund des Schneidezahnes bilden.

2. Dieselben Verhältnisse finden wir bei der einen Tag alten Ratte. Ein dichter Osteoblastenwall umgibt die ganze Mandibula allseitig. Der erste Molar nimmt eine mesio-distale Lage ein und zeigt mit seiner Öffnung nach distal. Die Markräume werden größer, besonders vor der Molarenanlage. Die Osteoklasten nehmen den Alveolengrund des Schneidezahnes ein und bauen eine besonders dicke, spongiöse Knochenschicht caudal von der Schneidezahnanlage in deren incisaler Hälfte von innen her ab (siehe Abb.1).

3. Bei der zwei Tage alten Ratte finden wir ähnliche Verhältnisse wie bei dem vorhergehenden Stadium. Molaren- und Schneidezahnanlage sind offen und zeigen einen besonders starken knöchernen Fundus. Die Knochenstruktur ist spongiös, doch treten in zunehmendem Maße größere Markräume auf. Die Knochenbälkchen haben ihre parallele Anordnung beibehalten. Besonders deutlich sind die strukturellen Unterschiede in den verschiedenen Abschnitten der Schneidezahnalveole. Während die Knochenbälkchen am Fundus parallel ausgerichtet sind, schwenken sie in der cranialen Wand so um, daß sie in einem Winkel von etwa 45° von mesio-cranial nach disto-caudal auf die Schneidezahnängsachse treffen. In der caudalen Alveolenwand wird dieser Winkel schneller verändert, so daß die Knochenbälkchen bereits im mittleren Drittel senkrecht auf die Längsachse zulaufen. Um die ganze Mandibula zieht ein Osteoblastenwall, der an den Alveolendächern unterbrochen ist. Die Osteoklasten füllen jetzt die ganze Schneidezahnalveole aus, liegen jedoch besonders dicht an den Knochenbälkchen des Alveolenbodens. Einzelne finden sich auch innerhalb der Knochenmarksräume.

4. Bei der drei Tage alten Ratte tritt ein besonders großer Markraum mesial von der Molarenanlage auf. Die Knochenbälkchen sind jetzt auch mesial und distal von der Molarenanlage parallel angeordnet, wie wir es bisher nur am Schneidezahnfundus sahen. Hier ist auch der bevorzugte Sitz von Osteoklasten. Die Osteoblasten liegen wiederum gleichmäßig um die ganze Mandibula herum (siehe Abb.2 und 3).

5. Bei der vier Tage alten Ratte sind jetzt zwei Molarenanlagen erkennbar. Die Knochenstruktur ist allgemein spongiös und läßt distal von den Molarenanlagen große Markräume erkennen. Das Wabenwerk am Alveolenfundus des Schneidezahnes ist feinmaschiger und sehr regelmäßig. Die Anlage des

zweiten Molaren ist in ihrem Alveolendach bereits perforiert. Die interalveolären Septen trennen die beiden Molarenanlagen nicht vollständig voneinander, sondern springen nur als Dorne von cranial und caudal her in den Zwischenraum vor. Die Knochenbälkchen sind parallel angeordnet.

6. Dieselben Verhältnisse finden wir bei der sieben Tage alten Ratte. Es treten in zunehmendem Maße größere Markräume auf. Die ganze Mandibula wird von einem Osteoblastenwall umgeben. Weitere Osteoblastenzonen finden sich unter dem Dach der ersten Molarenalveole und am Fundus ebenfalls am caudalen Rand der Schneidezahnalveole. Die Alveole des zweiten Molaren wird auf Kosten des distalen Wandabschnittes durch Osteoklasten vergrößert (siehe Abb.4).

7. Bei der neun Tage alten Ratte ist der Schneidezahn vollständig durch die Weichteile durchgebrochen. Der dritte Molar ist distal von den beiden ersten angelegt. Auffallend sind die großen Markräume, die in den Septen, sowie vor und hinter den Molarenanlagen auftreten. Das Dach der ersten Molarenalveole ist in diesem Stadium nicht mehr knöchern, Schmelzepithelien und Schleimhaut der Mundhöhle nähern sich deutlich. Der Osteoblastensaum erstreckt sich wieder rund um die Mandibula. Der innere Alveolarrand des Schneidezahnes wird allseitig durch Osteoklasten abgebaut. Distal vom letzten Molaren wird durch Knochenabbau Raum für den wachsenden dritten Molaren geschaffen. Die Knochenstruktur ist spongiös und besonders wabenförmig am Fundus des Schneidezahnes.

8. Dieselben Verhältnisse finden wir bei der elf Tage alten Ratte. Die Knochenstruktur ist überall spongiös. Der Markraum distal vom dritten Molaren wird kleiner. Auffallend ist in diesem Stadium der besondere Zellreichtum in den Markräumen, wobei es sich um typische Zellelemente des blutbildenden Knochenmarks handelt. Der craniale Alveolarrand des Schneidezahnes wird von innen her ab- und von außen her angebaut. Weiter apikalwärts hingegen wird er von innen her angebaut. Bei den Molaren finden wir am mesialen Alveolarrand innen Knochenanbau, am distalen innen Abbau, außen wiederum Anbau. Rund um die Mandibula zieht ein Osteoblastenwall, der sich auffälligerweise im inneren cranialen Abschnitt der Schneidezahnalveole fortsetzt. Die Molaren sind hintereinander angelegt, wobei die knöcherne Alveole des ersten Molaren jetzt völlig offen ist.

9. Bei der zwölf Tage alten Ratte geht die Vereinigung der Epithelien über dem ersten Molaren weiter voran. Die beiden ersten Molaren beginnen jetzt, Wurzeln zu bilden, nachdem sich in vorherigen Stadien große Markräume unter den Alveolen gebildet hatten. Die spongiöse Knochenstruktur ist unterschiedlich dicht. Die craniale Wand der Schneidezahnalveole weist z.B. nur wenige kleine Markräume auf und erscheint ziemlich massiv, wogegen die caudale Wand aufgelockerter erscheint. Die parallel ausgerichteten Knochenbälkchen am Schneidezahnfundus sind sehr fein. Im Ganzen gesehen sind die Bälkchen um die Molarenanlagen dicker als um die Schneidezahnalveole (siehe Abb. 5).

10. Bei der vierzehn Tage alten Ratte liegt der erste Molar mit seinem mesialen Höcker direkt unter dem Epithel und steht unmittelbar vor dem Durchbruch. Die Markräume werden weiterhin sehr groß, besonders unter dem ersten Molaren und in den Septen zwischen den einzelnen Molarenanlagen. Das knöcherne Alveolendach des zweiten Molaren ist offen. Am Alveolenboden des ersten Molaren läßt sich jetzt nur noch Knochenanbau erkennen, in der Alveole des zweiten Molaren wird disto-caudal und disto-cranial abgebaut, während am Septum intraalveolare Knochenanbau zu beobachten ist (siehe Abb. 6).

11. Bei der sechzehn Tage alten Ratte kann man den ersten Molaren als vollständig durchgebrochen betrachten. Auffallend sind die sehr großen Markräume, jetzt auch im Septum zwischen zweitem und drittem Molaren. Die Befunde hinsichtlich Knochenstruktur, Knochenan- und -abbauzonen unterscheiden sich nicht wesentlich vom vorigen Präparat.

12. Bei der siebzehn Tage alten Ratte finden sich große Markräume in der cranialen Alveolenwand des Schneidezahnes. Zwischen der äußeren Kompaktalamelle und der eigentlichen cranialen Alveolenwand des Schneidezahnes, die sich dachgiebelförmig treffen, sieht man deutliche, senkrecht zwischen beiden verlaufende, spongiöse Verstrebnungen (siehe Abb. 7).

13. Bei der achtzehn Tage alten Ratte bilden die Molaren weiter ihre Wurzeln aus. Um die Mandibula zieht wieder ein Osteoblastenwall. Die Osteoklastentätigkeit nimmt in diesem Stadium ab, nur am Fundus der Wurzel bildenden Molaren und des Schneidezahnes sind noch Osteoklastenansammlungen zu finden. Man erkennt deutlich, daß die Spitzen der inter- und intra-alveolären Septen durch dicke Osteoblastensäume aufgebaut werden.

14. Bei der zwanzig Tage alten Ratte treten riesige Osteoklasten am Alveolenboden des Schneidezahnes auf (siehe Abb. 8). Um den dritten Molaren finden sich sehr große Knochenmarksräume. In der Wurzelgegend der Molaren erkennt man auf den Querschnitten deutlich eine radiäre Anordnung der Bälkchen. Die craniale Wand der Schneidezahnalveole ist nur in ihrem incisalen Teile solide, weiter distal wird sie von riesigen Markräumen gebildet, die durch vertikale Trajektorien unterteilt werden. Um die Mandibula zieht ein Osteoblastenwall, der sich auch auf den inter-alveolären Septen, den intra-alveolären Septen und am inneren Rand der cranialen Alveolarwand des Schneidezahnes findet. Man erkennt weiter den eigenartigen Bau der caudalen Alveolenwand des Schneidezahnes: In der Fundusgegend verlaufen die Knochenbälkchen parallel zur Zahnachse, sie verlaufen dann so, daß sie im apikalen Drittel senkrecht zur Achse orientiert sind und bilden im mittleren Drittel im Querschnitt einen gitterförmigen Verband. Die zweite Molarenalveole ist occlusal nur noch von Weichgewebe bedeckt.

15. Bei der zweiundzwanzig Tage alten Ratte ist auch der zweite Molar durchgebrochen. Es finden sich hinsichtlich der Osteoblasten-Osteoklastenverteilung ähnliche Verhältnisse wie bei den vorangegangenen Altersstufen. Die in die Tiefe wachsenden Molarenwurzeln verhalten sich ähnlich wie beim Schneidezahn, am Alveolenboden wird Knochen abgebaut, während gleichzeitig an der gegenüberliegenden Seite der Knochenbälkchen eine rege Osteoklastentätigkeit zu beobachten ist (siehe Abb. 9).

16. Bei der fünfundzwanzig Tage alten Ratte erscheint die Alveole des dritten Unterkiefermolaren schräg nach distal offen. Die Markräume in der Nachbarschaft werden durch Knochenanbau verkleinert, die Alveole vergrößert sich durch Osteoklasten am Innenrand des Fundus. An Querschnitten ist im Bereich der Wurzeln des ersten und zweiten Molaren Knochenanbau am distalen Alveolenrand zu sehen, am mesialen hingegen Abbau. Osteoblasten finden wir weiter am inneren Rand der cranialen Alveolenwand des Schneidezahnes. An der caudalen Alveolenwand finden sich Osteoklasten.

17. Bei der achtundzwanzig Tage alten Ratte finden wir jetzt starken Knochenabbau am Dach des dritten Molaren. Die dritten Molarenanlage vergrößert sich nach distal und caudal. Bei Schnitten, die durch die Wurzelgegend des dritten Molaren gehen, findet man an der distalen Wand Knochenanbau, und an der mesialen Wand Knochenabbau. Um die Mandi-

bula zieht ein Osteoblastensaum. Die knöcherne Wand des Fundus der Schneidezahnanlage wird von riesigen, vielkernigen Osteoklasten abgebaut.

18. Dasselbe Verhalten finden wir bei der neunundzwanzig Tage alten Ratte. Es treten vermehrt Osteoklasten am Alveolenfundus der Molaren auf. Die Knochenstruktur ist spongiös, und die Markräume sind noch sehr groß und von blutbildendem Knochenmark ausgefüllt. Um die Mandibula zieht ein Osteoblastenwall.

19. Bei einer dreißig Tage alten Ratte war der dritte Molar noch nicht durchgebrochen, die knöcherne Alveole war allerdings eröffnet. Ein deutlicher Osteoblastensaum zieht um die Mandibula und füllt den inneren Rand der cranialen Alveolenwand des Schneidezahnes aus. Osteoklasten bahnen den in die Tiefe wachsenden Wurzeln aller Zähne den Weg.

D. DISKUSSION

Eine systematische Analyse der knöchernen An- und Abbauzonen des Kieferknochens bei der Dentition anhand von Rekonstruktionen der Osteoblasten- und Osteoklastenverteilung wurde bisher nicht durchgeführt. Die bisherigen Theorien über den Zahndurchbruch und die Gebißbildung basieren meist auf Einzelbeobachtungen klinischer oder mikroskopisch-anatomischer Art oder sind weitgehend Spekulationen. Das Nagergebiß bildet in dieser Hinsicht ein besonders gutes Studienobjekt, da wir einerseits beim Nagezahn (Incisivus) einen "kontinuierlichen" Durchbruch haben, andererseits bei den Molaren jedoch eine reguläre Dentition. Außerdem erlaubt die Kleinheit des Objektes eine gute Übersicht über die histologischen Verhältnisse, sowie die rasche Aufeinanderfolge des Durchbruchs der drei Molaren einen bequemen Vergleich der mit dem Durchbruch verbundenen Knochenveränderungen.

Einer der wesentlichsten Befunde der vorliegenden Untersuchungen ist die Feststellung, daß die An- und Abbauzonen im Bereich der primitiven Alveolen nicht regellos verteilt sind, sondern gesetzmäßige Veränderungen zeigen.

Anfangs liegt der Zahnkeim mehr oder weniger beziehungslos im Kiefer, die Spongiosastruktur des gesamten Unterkiefers ist einheitlich längs orientiert. Die Bälkchenstruktur des Unterkiefers wird im Bereich der Zahnanlagen nur unterbrochen, zeigt aber keine Strukturbeziehung zum Zahnkeim selbst. Wir

wollen diesen, lediglich eine Aussparung im primitiven Kiefer darstellenden Hohlraum, in den der Zahnkeim eingelagert ist, als primäre Alveole bezeichnen.

Die primäre Alveole vergrößert sich bei den Molaren anfangs allseitig durch intensive Osteoklastentätigkeit. Meist zeigt die Zahnanlage noch keine bevorzugte Orientierung zum Kiefer. Ihre Längsachse kann quer, schräg oral oder transversal orientiert sein. Im Verlauf des Durchbruches kommt es zu einer Aufrichtung der Zahnachse der Molaren, zur Entwicklung eines funktionell ausgerichteten Halteapparates, sowie zum Aufbau einer definitiven "sekundären" Alveole.

Durch den systematischen Vergleich der Osteoklasten- und Osteoblastenverteilung bei verschiedenen Durchbruchsstadien der Molaren des Rattenunterkiefers (siehe Abb.1-7) ergibt sich, daß die An- und Abbauzonen in einem gesetzmäßigen Zusammenhang mit den Durchbruchbewegungen der Zähne stehen. Wenn beispielsweise zu Beginn der Durchbruchsbewegung an der disto-buccalen Wand der Alveole Knochenabbau, an der mesio-apikalen jedoch lokalisiert Anbau zu beobachten ist, so muß eine solche Formveränderung der Alveole zu einer Achsendrehung des wachsenden Zahnkeimes führen.

Der Durchbruch wird bei den Molaren meist eingeleitet mit einem Abbau des Alveolendaches. Zwischen dem vierten bis siebten Tag post partum läßt sich dann Knochenanbau am Alveolenboden, und besonders an den Spitzen der inter- und intraalveolären Septen erkennen, wie das auch von BAUME, WALKHOFF, KALLHARDT, EICHLER, OPPENHEIM, OHRLEIN, LANDSBERGER und GROSS beobachtet wurde. Es ist gut denkbar, daß dieser Anbau zu einer Hebung der sich entwickelnden Krone und damit zum Zahndurchbruch führt. Es ist jedoch unwahrscheinlich, daß das Knochenwachstum für diesen Vorgang die treibende Kraft darstellt, etwa im Sinne von GOTTLIEB und ORBANs "kontinuierlichem Zahndurchbruch" oder im Sinne der älteren Alveolartheorien (KÖHLER, KALLHARDT, GROSS u.a.). Dabei müßte ja vorausgesetzt werden, daß der Knochenanbau sich gegen den Druck des wachsenden Wurzelblastems vollzieht. Alle bisher vorliegenden Beobachtungen über das biologische Verhalten des Knochens zeigen, daß sich im Bereich von Druckzonen stets Abbau einstellt. Wir sind daher gezwungen anzunehmen, daß der Wachstumsdruck des Wurzelblastems nicht kontinuierlich wirkt, sondern in Schüben. Somit kommt man zu der Vorstellung vom Ineinandergreifen gesetzmäßiger Knochenumbildungsprozesse und Wachstumsvorgänge

am Zahnkeim, die gemeinsam zu der "harmonischen" Durchbruchsbewegung führen. Wir wollen diese Hypothese vom korrelativen Ineinandergreifen verschiedener Wachstumsvorgänge zum Zwecke eines einheitlichen Dentitionsvorganges als "Korrelationstheorie" bezeichnen.

Im Sinne einer solchen Theorie müßte der Ablauf der Dentition, basierend auf der vorstehend geschilderten Beobachtung, etwa folgendermaßen geschildert werden: In der primitiven Alveole ist der Zahnkeim zunächst beziehungslos eingebettet. Gleichmäßig rundum verteilte Osteoklasten bewirken eine allseitige Vergrößerung der primitiven Alveole und ermöglichen damit eine zunächst richtungslose Vergrößerung der Zahnanlage. Etwa gegen den dritten bis vierten Tag post natum setzt bei den Molaren die Durchbruchsbewegung ein. Dabei wird zuerst das Alveolendach gesprengt und die Alveole durch Knochenabbau an den Rändern zunehmend erweitert. Gleichzeitig wird durch lokalisierte An- und Abbauvorgänge des Knochens die Alveole so verformt, daß die raumfordernde Vergrößerung des Zahnkeimes, insbesondere durch Zellvermehrungen im Bereich des Wurzelblastems, zu einer Richtungsänderung der Zahnachse führen muß. Diese Vorgänge können wir als Aufrichtung oder auch als Ausrichtung der Zahnachse bezeichnen.

Wenn die Kronenfläche in die Occlusionsebene gerückt ist, muß sich im folgenden der Wachstumsdruck des Wurzelblastems vorwiegend auf den Alveolenboden richten. Wenn wir hier in späteren Stadien jedoch vornehmlich Knochenanbau finden, so zwingt das zu der Annahme, daß der Wachstumsdruck der Wurzel zeitweilig sistiert, d.h. also, ein rhythmischer Wechsel zwischen Knochenanbau und Wurzelverlängerung vorhanden ist. Dieses korrelative Ineinandergreifen zweier Wachstumsvorgänge könnte zwanglos die beobachtete Dentitionsbewegung erklären.

Verschiedene neuere Autoren haben bereits auf die Notwendigkeit hingewiesen, zur Klärung der Dentition als Wachstumsvorgang mehrere Faktoren anzunehmen (W.MEYER, HÄUPL und Mitarbeiter, KORKHAUS). Es ist bisher jedoch noch nicht versucht worden, diese Wachstumsvorgänge selbst mit morphologischen Methoden anhand von eng seriierten Stadien zu analysieren. Diese Analyse führt zur skizzierten Korrelationstheorie, die unseres Erachtens die einfachste Möglichkeit darstellt, die verschiedenartigen Befunde in einheitlicher Art zu deuten. Eine Bestätigung dieser Vorgänge sehen wir auch in Beobachtungen über den eigenartigen, morphologisch ganz anders ablaufenden Durchbruch beim Nagezahn.

Die An- und Abbauzonen im Bereich der Alveole des Incisivus der Ratte

sind so lokalisiert, daß auch hier eine Ausrichtung der Wachstumsprozesse der Zahnanlage durch eine Veränderung der Alveolenform angenommen werden muß. Meist vergrößert sich die Alveole an der Wurzelspitze durch intensive Osteoklastentätigkeit, während die oralwärts gelegene Alveolenwand sogar Anbau erkennen läßt. An der gegenüberliegenden Wand finden sich vorwiegend Lakunen mit Osteoklasten, während der Alveoleneingang anfangs abgebaut und vergrößert, später aber durch Anbau verlängert wird. Die Ausbildung einer funktionellen Struktur im Bereich des Periodontiums erfolgt apikal innen zuerst, so daß der Zahn an diesem Abschnitt der Alveolenwand frühzeitig fixiert wird. Diese Fixation muß zwangsläufig zum Drehpunkt für die weitere Wachstumsbewegung werden, so daß damit der Incisivus quasi drehend aus seiner Alveole "herausgehebelt" wird. Der sogenannte "kontinuierliche" Schneidezahndurchbruch kann aber auch hier unmöglich kontinuierlich vor sich gehen. Die am Wurzelende in konstanter Entfernung in allen Entwicklungsstadien nachweisbare Verdichtungszone, in der sich eine große Zahl von osteoblastischen Elementen findet, beweist, daß auch bei dem dauernd wachsenden Schneidezahn eine schubweise Hebung der Anlage erfolgen muß. Da jedoch die frühzeitige Fixation, sowie die rasche Vergrößerung des Zahnes umfangreichere Hebelbewegungen unmöglich machen, bleibt diese Anbauzone am Alveolengrund rudimentär, und der Zahn verlängert sich hauptsächlich nach distal in denjenigen Raum, der durch einen auffallend intensiven Abbau der radiär orientierten Knochenbälkchen zur Verfügung gestellt wird (siehe Abb.8). Die, wenn auch schwachen, unverkennbaren Anbauvorgänge am Alveolenboden des Incisivus müssen jedoch, ähnlich wie bei den Molaren, zu einer Dreh-Schiebebewegung der Zahnanlage führen, die durch einen Abbau am Alveolenrand unterstützt wird. Im Gegensatz zu den Molaren herrscht jedoch beim Incisivus mehr eine Rückwärtsbewegung, also quasi eine negative Durchbruchstendenz vor.

Im übrigen herrscht während der postnatalen Entwicklung des Unterkiefers eine starke, distalwärts gerichtete Wachstumsbewegung durch Knochenanbau an der Außenfläche des Unterkiefers. Im Bereich der Molarenalveolen kann in späteren Entwicklungsstadien fast gesetzmäßig an der mesialen Alveolenwand Knochenanbau, an der distalen Knochenabbau beobachtet werden, so daß sich auch hier die Zahnachsen mit den Alveolen nach rückwärts verschieben müssen.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Um die bei der Dentition ablaufenden Wachstumsvorgänge des Kieferknochensystems zu analysieren, wurden neunzehn Rattenunterkiefer im Alter von 0 bis dreißig Tagen post natum nach Paraffineinbettung in Serienschnitten aufgearbeitet und die Osteoblasten- sowie Osteoklastenverteilung in den Alveolen und am Kiefer festgestellt. Die Befunde zeigen, daß in allen Entwicklungsstadien eine gesetzmäßige Verteilung der An- und Abbauzonen des Knochens im Bereich der primären und sekundären Alveole vorliegt, die mit der Zahndurchbruchsbewegung in Zusammenhang gebracht werden kann. Wahrscheinlich beeinflussen die beobachteten Formveränderungen an den knöchernen Alveolen die Richtung der Wachstumsprozesse des Wurzelblastems, wodurch eine Koordinierung der Zahndurchbruchsbewegungen und damit eine harmonische Gebißbildung erreicht wird. Die Wachstumsvorgänge beim Durchbruch der Molaren unterscheiden sich von denjenigen der Nagezähne, lassen sich aber unter denselben Gesichtspunkten betrachten. Die aus den vorgelegten Befunden entwickelte Korrelationstheorie kann auch zu einer Synthese früherer, z.T. widersprechender Dentitionstheorien beitragen.

F. ABBILDUNGEN

Abb. 1: zeigt einen Längsschnitt durch die Mandibula einer einen Tag alten Ratte (nach einem azangefärbten Paraffinschnitt, Vergrößerung 20-fach, gezeichnet; Knochenbälkchen erscheinen kräftig schwarz, Weichteile punktiert, Epidermis schwarz, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Der Schnitt ist in mesio-distaler Richtung geführt und halbiert die Schneidezahn- und erste Molarenanlage in sagittaler Richtung. Die incisale Kante des Schneidezahnes zeigt zum rechten oberen Bildrand. Man erkennt die erste Molarenanlage, die cranial dem apikalen Drittel der Schneidezahnanlage aufgesetzt erscheint. Die Molarenalveole ist bereits offen, sowie die Schneidezahnalveole. Man erkennt ferner deutlich die in die Tiefe wachsenden, vereinigten Schmelzepithelien. Die Molarenanlage zeigt mit ihrer Öffnung noch in diesem Stadium nach distal. Rund um die Mandibula zieht ein dichter Osteoblastensaum. Die Osteoklasten füllen den Grund der Schneidezahnalveole aus und die mesiale Alveolenwand der Molarenanlage.

Abb. 1





Abb. 2

Abb. 2: zeigt einen Schnitt durch die Schneidezahnanlage einer drei Tage alten Ratte (nach einem azangefärbten Paraffinschnitt, Vergrößerung 20-fach, Knochenbälkchen erscheinen kräftig schwarz, Weichteile punktiert, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Der Schnitt ist in mesio-distaler Richtung durch die Mandibula geführt und halbiert die Schneidezahnanlage etwa zur Hälfte. Die Geschlossenheit der knöchernen Alveole läßt darauf schließen, daß die Mandibula in spitzem Winkel zur Medianebene halbiert wurde. Die offene Wurzel zeigt zum rechten Bildrand. Man erkennt deutlich die parallele Anordnung der Knochenbälkchen am Alveolengrund. Die caudale Alveolenwand zeigt zum unteren Bildrand und ist im Vergleich zur cranialen wesentlich dicker. Ein dichter Osteoblastenwall zieht um die Mandibula, die Osteoklasten sitzen besonders zahlreich am Alveolenfundus, aber auch am angeschnittenen Alveolarrand, der zum linken Bildrand zeigt.

Abb. 3: zeigt einen Schnitt durch die Molarenanlage einer drei Tage alten Ratte (nach einem HE-gefärbten Paraffinschnitt gezeichnet, Vergrößerung 20-fach, Knochenbälkchen erscheinen schwarz, Weichteile punktiert, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Der Schnitt ist in mesio-distaler Richtung durch die Mandibula geführt und halbiert die Molarenanlage in sagittaler Richtung. Die Kauebene zeigt zum oberen und das distale Ende zum rechten Bildrand. Man erkennt, daß die Achsenrichtung der Zahnanlage von der anfänglich mesio-distalen in eine cranio-caudale verändert worden ist. Die knöcherne Alveole ist in ihrem Dachteil perforiert. Um den Unterkiefer zieht ein Osteoblastenwall. Der mesio-distale Teil des Alveolenfundus läßt in einem kleinen Bezirk noch Knochenanbau erkennen, während die übrige Alveole sich vergrößert. Die auftretenden Markräume sind verhältnismäßig groß. An der mesialen Seite der Zahnanlage ist die parallele Anordnung der Knochenbälkchen auffallend.

Abb. 3





Abb. 4

Abb. 4: zeigt einen Schnitt durch die Mandibula einer sieben Tage alten Ratte (nach einem HE-gefärbten Paraffinschnitt gezeichnet, Vergrößerung etwa 11-fach, Knochenbälkchen erscheinen kräftig schwarz, Weichteile punktiert, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Längsschnitt durch den Unterkiefer, der die Schneidezahn- und Molarenanlage etwa halbiert. Die Kauebene zeigt zum oberen, die incisale Kante des Schneidezahnes zum linken Bildrand. Ein Osteoblastenwall umgibt die ganze Mandibula. Weiterhin ist Knochenanbau an folgenden Stellen zu beobachten: Alveolenfundus des ersten Molaren mit Ausnahme des disto-caudalen Teiles, distaler Teil des interalveolären Septums zwischen den beiden Molaren und der craniale innere Rand der Schneidezahnalveole. Ihm gegenüber am caudalen Rand wird lebhafter Knochenabbau beobachtet, der im mittleren Drittel der Schneidezahnalveole geringer ist und am Fundus wieder zunimmt. Weitere Osteoklastenzonen finden sich unter dem Dach der ersten Molarenalveole. Die zweite Molarenalveole wird auf Kosten der distalen Wand vergrößert. Das Septum interalveolare zwischen erstem und zweitem Molaren wird mesial ab- und distal aufgebaut. Die Knochenstruktur ist spongiös, und die parallele Bälkchenanordnung am Angulus mandibulae ist auffallend.

Abb. 5: zeigt einen Schnitt durch die Mandibula einer zwölf Tage alten Ratte (nach einem PAS-gefärbten Paraffinschnitt gezeichnet, Vergrößerung etwa 12-fach, Knochenbälkchen erscheinen kräftig schwarz, Weichteile punktiert, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Längsschnitt durch den Unterkiefer. Der Schneidezahn ist nahezu halbiert. Der dritte Molar liegt außerhalb der Schnittebene. Die Kauebene zeigt zum oberen, die incisale Kante des Schneidezahnes zum linken oberen Bildrand. Um die Mandibula zieht ein Osteoblastenwall, der sich auf die craniale Wand der Schneidezahnalveole und den gesamten Querschnitt der ersten Molarenalveole fortsetzt. Das Septum zwischen erstem und zweitem Molaren zeigt auf beiden Seiten Knochenanbau. Ebenso das Septum intraalveolare des zweiten Molaren. An der distalen Wand und dem Übergang zum Dach der zweiten Molarenalveole liegen zahlreiche Osteoklasten, ebenso am Fundus der Schneidezahnalveole. Auffallend ist weiterhin der große Markraum vor dem ersten Molaren, der die ganze craniale Wand der Schneidezahnalveole einnimmt.



Abb. 5



Abb. 6

Abb. 6: zeigt einen Schnitt durch die Mandibula einer vierzehn Tage alten Ratte (nach einem Alcian-Blau-gefärbten Paraffinschnitt gezeichnet, Vergrößerung 18-fach, Knochen schwarz, Weichteile punktiert, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Der Schnitt ist in mesio-distaler Richtung durch die Mandibula geführt und halbiert die Molarenanlagen in sagittaler Richtung. Die Kauebene zeigt zum oberen Bildrand. Man erkennt, daß die erste Molarenalveole jetzt völlig geöffnet ist. Der zweite Molar liegt mit seinen beiden mesialen Höckern bereits teilweise unter dem Epithel der Mundschleimhaut, der distale Höcker zeigt noch eine knöcherne Bedeckung. Dieser Teil des Alveolendaches wird aber bereits von unten her abgebaut. Die Alveolen des zweiten und dritten Molaren kommunizieren miteinander; das Septum zwischen den beiden wird von distal her abgebaut und von mesial angebaut. Die dritte Alveole wird noch auf Kosten der distalen Wand vergrößert. Am Alveolenfundus des Schneidezahnes sind die Osteoklasten sehr gut zu erkennen. Besonders deutlich ist die parallele Anordnung der Knochenbälkchen im distalen Bereich der Mandibula zu erkennen.

Abb. 7: zeigt einen Schnitt durch die Mandibula einer siebzehn Tage alten Ratte (nach einem azangefärbten Paraffinschnitt gezeichnet, Vergrößerung 18-fach, Knochen erscheint schwarz, Weichteile punktiert, Osteoblasten Striche, Osteoklasten Kreise)

Der Schnitt ist in mesio-distaler Richtung geführt und halbiert die Schneidezahn- und Molarenalveole. Der erste Molar ist durchgebrochen und weist mit seiner Kauebene zum oberen, der Schneidezahn mit seiner Schneidekante zum rechten Bildrand. Um die Mandibula zieht ein Osteoblastenwall, der sich auf der cranialen Seite auch auf die Alveolenwand des ersten Molaren fortsetzt. Am ersten Molaren erkennt man Knochenanbau an den intraalveolären Septen. Am Alveolenboden des zweiten Molaren finden wir ebenfalls sehr starken Knochenanbau. Die inter- und intraalveolären Septen enthalten zahlreiche Osteoklasten. Die Alveolen des zweiten und dritten Molaren werden an ihren distalen Wänden abgebaut, ebenfalls der Fundus des Schneidezahnes.



Abb. 7

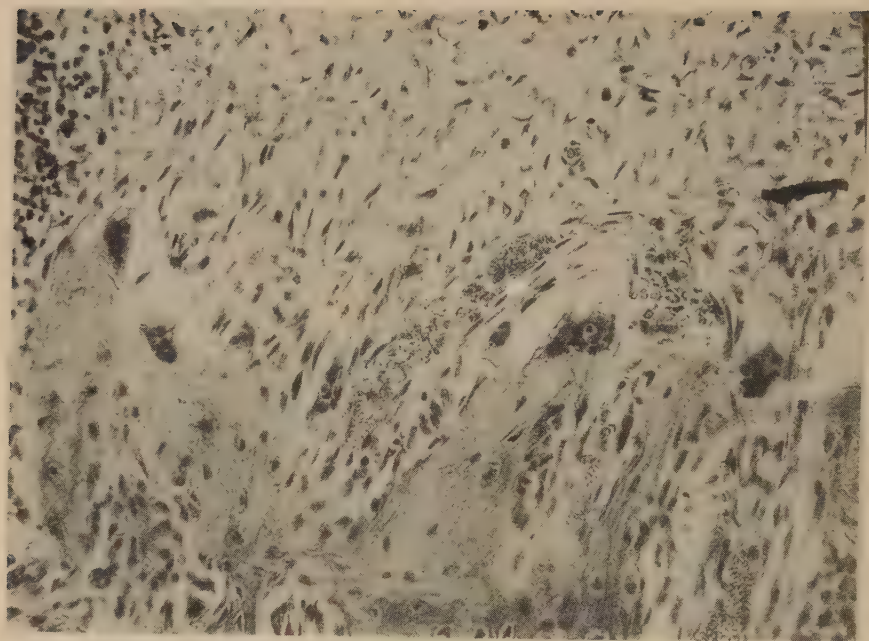
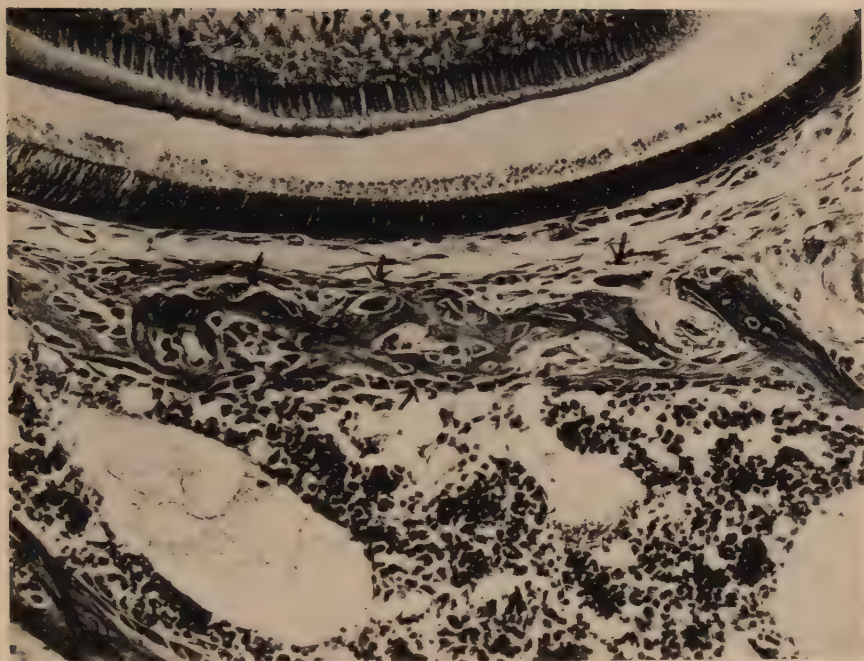


Abb. 8: zeigt einen Schnitt durch einen Teil des Alveolenfundus des Schneidezahnes einer zwanzig Tage alten Ratte (Panphot-Aufnahme nach einem HE-gefärbten Paraffinschnitt, Vergrößerung 250-fach, Knochen grau)

Der Schnitt geht durch den Alveolenfundus. Das periapikale Gewebe des Schneidezahnes zeigt zum oberen Bildrand. Man erkennt sehr deutlich die großen, vielkernigen Osteoklasten auf den Knochenvorsprüngen.

Abb. 9: zeigt einen Schnitt durch die Alveolenwand des dritten Molaren einer zwanzig Tage alten Ratte (Panphot-Aufnahme nach einem HE-gefärbten Paraffinschnitt, Vergrößerung 250-fach, Knochen dunkelgrau)

Der Schnitt geht durch einen Teil der knöchernen distalen Wand des dritten Molaren. Die distalen Knochenbälkchen zeigen zum unteren, die Zahnanlage mit ihrer Kauebene zum rechten Bildrand. Man erkennt deutlich an der distalen Kante die perlschnurartig aufgereihten Osteoblasten (Pfeil zum oberen Bildrandweisend) und die in Lakunen liegenden Osteoklasten (Pfeile zum unteren Bildrandweisend)



G. LITERATURVERZEICHNIS

- Albrecht: Dentition.
Eulenb.Real.-Enzykl. 4, Wien (1882)
- Baume, R.: a) Der Durchbruch der Zähne.
Dtsch.Vjschr.Zahnheilkunde 13, 25-56, 193-196 (1873)
b) Bemerkungen über die Entwicklung und den Bau des Säugetierzahnes. Dtsch.Vjschr.Zahnheilkunde 15, 125-142, 265-285 (1875)
c) Odontologische Forschungen. I. Teil, Versuch einer Entwicklungsgeschichte des Gebisses, II. Teil, Die Defekte der harten Zahnsubstanzen, Leipzig: Artur Felix (1882)
d) Lehrbuch der Zahnheilkunde, 2.Aufl. (1885)
e) dito, 3.Aufl. (1890)
- Berten, J.: Chronologische Reihenfolge des Durchbruchs der bleibenden Zähne. Dtsch.Mschr.Zahnheilkunde 13, 266-280 (1895)
- Blechschmidt, E.: Die Entwicklung der Zahnkeime beim Menschen zum Studium der Entwicklungsdynamik der menschlichen Embryonen. Acta anat.17, 207 (Basel) 1953
- Brash, J.C.: The growth of the alveolar bone and its relation to the movements of the teeth, including eruption. Intern.J.orthodont., oral surg. and radiogr. 14, 196-223, 283-293, 298-405, 487-504 (1928)
- Calembroune: Ursprung und Bildung der Zähne.
Korresp.bl.Zahnärzte (1883)
- Came: Eine neue Theorie des Zahndurchbruchs.
Brit.Dent.J. Mai (1924)
- Demolis, P.: La carie et la structure des dents. Schweiz. Mschr.Zahnheilk. 43, 392-412 (1933)

- Eichler, M.: Dentition. Scheffs Handbuch der Zahnheilkunde. 4. Aufl. Wien (1922)
- Ferner, H.: Grundriß der Entwicklungsgeschichte des Menschen. 2. Aufl. (1956)
- Franke, J.: Über den Zahndurchbruch. Dtsch. Zahnärzteblatt 8, 958 (1954)
- Gaunt, W.A.: The growth of the teeth and jaws in the golden hamster. Acta anat. 47, 301-327 (1961)
- Gottlieb, B.:
a) Der Epithelansatz am Zahne. Dtsch. Maschr. Zahnheilk. 39, 142-147 (1921)
b) Die Appositions- und Resorptionsvorgänge an Knochen und Zähnen. Z. Stomat. 23, 375-379 (1925)
- Gross, H.: Histologische Untersuchungen über das Wachstum der Kieferknochen beim Menschen. Dtsch. Zahnheilk. 89 (1934)
- Harwardt, K.: Klinische Untersuchungen zur Klärung der Frage des "aktiven Zahndurchbruchs" (Gottlieb). Med. Diss. Kiel (1952)
- Hinrichsen, K.: Funktionelle Entwicklung des Parodontiums beim Goldhamstermolaren. Acta anat. 23, 161-181 (1955)
- James, W.W.: A preliminary note on the eruption of the teeth. Proc. Roy. Soc. Med. 2, Odont. Sect. 121-144 (1909)
- Jaßwoin, G.W.: Über den Mechanismus des Zahndurchbruchs aufgrund morphologischer Untersuchungen. Anat. Anz. 67, 381-387 (1929)
- Kallhardt, O.: Beiträge zum Durchbruch der bleibenden Zähne. Österr.-Ung. Vjschr. Zahnheilk. 20, 7 (1904)
- Köhler, E.: Das normale Parodontium der Milchzähne und seine Genese. Zbl. Dtsch. Ges. f. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 856 (1950)

- Korff, K.von: Der Zahndurchbruch mit seinen Begleiterscheinungen. Z.Zellforsch. 16, 353-398 (1935)
- Kotanyi, E.: Ein weiterer Beweis des kontinuierlichen Zahndurchbruchs. Z.Stomat. 28, 1055-1057 (1930)
- Landsberger, R.: a) Vom Wachstum des Zahnkeimes und dem der Alveole. Z.Stomat. 23, 57-61 (1925)
b) Der makroskopische Beweis für die Einheit des Zahnorgans. Dtsch.Mschr.Zahnheilk. 44, 291-295 (1926)
c) Die organische Einheit und der Zahndurchbruch. Zahnärztl.Rundschau 41, 1685-1695 (1928)
- Lehner, J. und H. Plenk: in Stöhr-Möllendorf's 'Handbuch der mikroskopischen Anatomie', Bd.V, 3, 505 (1936)
- Malinowa, A.T.: Über die Vorgänge beim Zahndurchbruch. Inaug.Diss. Leipzig (1933)
- Mohammed, G.J.: Growth pattern of the rat-maxilla from 16 days insemination age to 36 days after birth. Am.J.Anat. 100, 115-165 (1957)
- Nicolas, G.: A propos de l'éruption de la dent. Médecine et Hygiène, Genève 14, 320-388 (1956)
- Oehrlein, A.: Über den Durchbruch der Zähne. Dtsch.Zahnheilk. 59, 1-23 (1923)
- Osterloh, R.: Zahndurchbruch und Wurzelwachstum. Med. Diss. Bonn (1957)
- Orban, B. und J. Köhler: Die physiologische Zahnfleischtasche: Epithelansatz und Epithelwucherung. Z.Stomat. 22, 353-425 (1929)
- Peyrone, G.: Über den Durchbruchsmechanismus der Zähne. Ann.clin.Odont. 13, 215-222 (1936)
- Pfaffmann, G.: Über den Zahndurchbruch. Med.Diss. Erlangen (1949)

- Robin, P.: Die Rolle des Kauaktes und des Follikelsackes beim Durchbruch der Zähne. Leipzig, Artur Felix (1901)
- Reitan, K.: The initial tissue reaction incident to orthodontic tooth movement. Acta odont.scandinavica, Supplement 6, Oslo (1951)
- Rohen, J.: a) Zur Anatomie des Prothesenträgers. D.Z.Z. 13, 1161-1170 (1958)
b) Der Kauapparat als funktionelle Gestalt unter besonderer Berücksichtigung des Parodontiums. Fortschr.d.Kieferorthop.18, 280-290 (1957)
- Rozeik, F.: Xerosthomie und Kariesgenese. Habilitationsschrift Mainz (1958)
- Sander, W.: Das Wesen des Zahndurchbruchs. Med.Diss. Düsseldorf (1948)
- Sicher, H.: Über die Fixation und das Wachstum dauernd wachsender Zähne. Korresp.Bl.Zahnärzte 49, 332-336 (1925)
- Sicher, H. und Tandler, J.: Anatomie für Zahnärzte. Wien und Berlin, Julius Springer Verlag (1928)
- Waldeyer, W.: Untersuchungen über die Entwicklung der Zähne. 1.Abt. Königsberg. Med.Jb.4 (1864); 2.Anat. Z.rat.Med. 3.Reihe 24, 169 (1865)
- Wallisch, W.: Der Durchbruch der Zähne. Österr.-Ung.Vjschr. Zahnheilk. 14, 264-286 (1900)
- Zuckerkandl, E.: Makroskopische Anatomie der Zähne. In J.Scheff's Handbuch der Zahnheilkunde, 2.Aufl. Wien: Alfred Hälder Verlag (1902)

LEBENS LAUF

Am 9. Januar 1935 wurde ich als einziger Sohn des Johann Lenzen und seiner Ehefrau, geb. Bister, in Homberg am Rhein geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule in Homberg am Rhein wechselte ich auf das Staatliche Gymnasium "Adolfinum" in Moers über. Dort legte ich am 17. Februar 1955 das Abitur ab.

Im gleichen Jahre immatrikulierte ich mich an der medizinischen Fakultät der Universität in Tübingen. 1958 begann ich mit dem Studium der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Würzburg. Nach zwei Semestern studierte ich in Mainz weiter und bestand im Herbst 1960 das zahnmedizinische und im folgenden Semester das medizinische Physikum. Ich beabsichtige, im Frühjahr 1963 das zahnärztliche Staatsexamen zu beginnen.

